



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 684771 A5

⑤① Int. Cl.⁵: A 01 F 25/08
F 26 B 9/10
F 26 B 21/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 225/93

㉔ Anmeldungsdatum: 26.01.1993

㉔ Patent erteilt: 30.12.1994

㉔ Patentschrift veröffentlicht: 30.12.1994

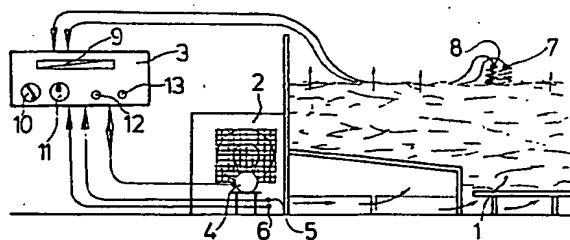
㉔ Inhaber:
Aebi & Co. AG Maschinenfabrik, Burgdorf

㉔ Erfinder:
Liechti, Daniel, Zollbrück
Koblet, Christian, Rüdliggen

㉔ Vertreter:
Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern

㉔ Verfahren zum Trocknen von Heu und Belüftungsanlage zur Durchführung dieses Verfahrens.

㉔ Der Ventilator (2) zur Belüftung des Heustocks (1) wird durch eine Programmsteuerung (3) automatisch ein- und ausgeschaltet. Der Programmsteuerung werden verschiedene Messwerte, nämlich je die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit der aus dem Ventilator in den Heustock eintretenden und der über dem Heustock austretenden Luft zugeführt. In Abhängigkeit von diesen Parametern und von der Tageszeit wird das Belüftungsprogramm optimal angepasst.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Trocknen von Heu durch Belüftung eines Heustocks wobei anhand mindestens eines Parameters die Trocknungsbedingungen ermittelt und bei günstigen Bedingungen belüftet wird. Ein Verfahren und eine Anlage dieser Art ist in der CH-A 592 282 beschrieben. Dabei werden Probelüftungen durchgeführt, während welchen anhand der Temperaturdifferenz zwischen der eintretenden und der aus dem zu trocknenden Material austretenden Luft ermittelt wird, ob dem Material Feuchtigkeit entzogen oder ob Feuchtigkeit eingelagert wird. Im erstgenannten Fall, d.h. bei günstigen Trocknungsbedingungen, wird anschliessend an die Probelüftung auf Dauerbelüftung umgestellt bis anhand der Temperatursonden festgestellt wird, dass eine weitere Belüftung nicht mehr sinnvoll ist. Die Belüftung wird in diesem Falle ausgeschaltet und nach einem fest vorgegebenen Intervall wird eine nächste Probelüftung vorgenommen. Diese Art der automatischen Belüftung ist einfach und hat sich sehr gut bewährt; doch kann sie nicht allen Anforderungen optimal gerecht werden. Man sollte beispielsweise zwischen Tagbetrieb und Nachtbetrieb unterscheiden können, denn nachts sind normalerweise die relative Luftfeuchtigkeit höher und die Bedingungen zum Trocknen des Heus ungünstiger, und ausserdem sollte unnötiger Lärm vermieden werden. Ein flexibles Steuerprogramm ist natürlich auch deshalb erwünscht, weil unnötiger Energieverbrauch vermieden werden soll.

Ziel vorliegender Erfindung ist es, ein derartiges flexibleres Programm vorzusehen, indem je nach den ermittelten Trocknungsbedingungen das Programm zur Belüftung geändert wird. Angewendet auf die oben erwähnte bekannte Belüftungsanlage heisst dies, dass das Zeitintervall von einer letzten Belüftung zur nächsten Probelüftung und die Dauer dieser Probelüftung in Abhängigkeit von den Trocknungsbedingungen variiert wird. Das Programm kann selbstverständlich von weiteren Parametern beeinflussbar sein, insbesondere vom Zustand des Heustocks zur Vermeidung einer Überhitzung, von der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft, vom bereits erreichten Trocknungsgrad des Heus und von der Tageszeit, d.h. in Abhängigkeit von einer Uhr oder von einem Dämmerungsschalter. Es wird damit möglich, das Belüftungsprogramm weitgehend zu optimieren, d.h. unnötigen Lärm und Energieverbrauch zu vermeiden und doch eine optimale Trocknung zu erzielen und Schaden auszuschliessen.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Anlage, und Fig. 2-5 zeigen Diagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der Anlage.

Fig. 1 zeigt schematisch den Heustock 1, der mittels eines Ventilators 2 belüftet werden kann. Eine automatische Steuerung 3 schaltet den Motor 4 des Ventilators 2 ein und aus. Am Ventilator 2 sind zwei Messfühler angeordnet, nämlich ein Temperaturfühler 5 im Belüftungskanal zwischen Ventilator und Heustock und ein Hygrometer 6 zur Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit der angesaugten Luft ausserhalb des Ventilatorgehäuses. Über dem Heustock sind zwei weitere Messfühler zur Bestimmung der Parameter der aus dem Heustock austretenden Trocknungsluft angeordnet, nämlich ein Temperaturfühler 7 und ein Hygrometer 8. Die Messwerte der Messfühler 5 bis 8 werden der Steuerung 3 zugeführt und beeinflussen dort das Belüftungsprogramm. Die Steuerung 3 weist eine Anzeige 9 sowie einige Bedienungsorgane auf, beispielsweise einen Umschalter 10 zur Umschaltung von automatischem auf manuellen Betrieb, einen Einstellknopf 11 sowie Betätigungsschalter 12 und 13.

Die Anlage gemäss Fig. 1 arbeitet grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip wie die Anlage nach der oben erwähnten Patentschrift. Bei automatischem Betrieb wird die Belüftung wiederholt eingeschaltet, um anhand des Temperaturverlaufs der in den Heustock eintretenden und der aus demselben austretenden Luft darauf zu schliessen, ob dem Heu Feuchtigkeit entzogen oder ob umgekehrt Feuchtigkeit eingelagert werde und in welchem Zustand sich der Heustock befindet. Wird dem Heu Feuchtigkeit entzogen, so wird die austretende Luft nach einer gewissen Belüftungsdauer infolge der Verdunstungskälte kühler sein als die eintretende Luft, was darauf schliessen lässt, dass der Heustock getrocknet wird. Damit ist festgestellt, dass die Belüftungsbedingungen günstig sind und es wird weiter belüftet bis die Temperaturdifferenz einen Minimalwert unterschreitet, auf 0 absinkt oder das Vorzeichen ändert. In den Fig. 2 und 3 sind die erfassten Temperaturen T und relativen Luftfeuchtigkeiten ϕ für zwei verschiedene Annahmen und Zeiträume dargestellt.

Fig. 2 zeigt die erfassten Werte während verhältnismässig kurzer Zeit am Nachmittag. Nach Einschaltung der Belüftung um ungefähr 15.15 Uhr steigt die Temperatur T_a der über dem Heustock austretenden Luft vorerst für kurze Zeit an und liegt erheblich über der Temperatur T_e der eintretenden Luft. Es ist ersichtlich, dass dann die Temperatur der eintretenden Luft ansteigt und dass entsprechend die relative Luftfeuchtigkeit ϕ_e der eintretenden Luft ebenfalls allmählich absinkt. Auch die relative Luftfeuchtigkeit ϕ_a der austretenden Luft fällt vorerst ab. Der anfängliche Temperaturanstieg der austretenden Luft rührt davon her, dass vorerst das Heu, das sich vorher etwas erwärmt hat, gekühlt wird. Die Temperatur der austretenden Luft sinkt dann ab und um etwa 15.40 sinkt die Temperatur der austretenden Luft unter diejenige der eintretenden Luft ab, was bedeutet, dass dem Heu Feuchtigkeit entzogen wird. Es sind damit die Bedingungen für eine weitere Belüftung erfüllt, und die automatische Steuerung 3 wird unter diesen Umständen weiterhin belüften. Dem Diagramm Fig. 3 liegen Annahmen zugrunde

wie sie für die Nacht typisch sein können. Die Belüftung wird um ungefähr 19.15 Uhr eingeschaltet, und die Temperatur T_a der austretenden Luft fällt rasch unter die Temperatur T_e der eintretenden Luft ab. Wie Fig. 3 zeigt, steigt jedoch die relative Luftfeuchtigkeit der eintretenden Luft ab etwa 23 Uhr stark an, womit die Belüftungsbedingungen ungünstiger werden, d.h. die Differenz zwischen T_e und T_a wird geringer und sinkt um etwa 04.30 Uhr auf 0. Spätestens in diesem Zeitpunkt wird die Belüftung unterbrochen. Da jedoch die Trocknungsbedingungen während der Nacht im allgemeinen ohnehin eher ungünstig sind, und man ausserdem trotz billiger Nachtenergie Lärm vermeiden sollte, wird man die Steuerung so wählen, dass in den Nachtstunden im allgemeinen nur dann belüftet wird, wenn eine Belüftung in relativ kurzen Intervallen erforderlich ist, um eine Überhitzung des Heustocks zu vermeiden.

Fig. 4 dient der Erläuterung wie der Zustand des Heustocks, bzw. die soeben erwähnte Gefahr einer Überhitzung desselben erfasst wird. In Fig. 4 ist der Fall angenommen, dass die Temperatur T_a der über dem Heustock austretenden Luft nach dem Einschalten der Belüftung um 08.10 Uhr sehr schnell ansteigt, ein Maximum erreicht und dann ebenfalls verhältnismässig rasch absinkt. Ein derartiger ausserordentlich rascher Anstieg der Temperatur nach dem Einschalten der Belüftung lässt auf eine starke Erwärmung des Heustocks schliessen. Der Temperaturgradient kann durch die Steuerung 3 erfasst werden, und die Steuerung kann entsprechend so beeinflusst werden, dass bei hohem Temperaturgradienten das Intervall zwischen dem Ende einer Belüftungsperiode und der nächsten Probebelüftung zur Überprüfung des Zustandes des Heustocks und zur Ermittlung der Belüftungsbedingungen kürzer gewählt wird. Das Belüftungsprogramm wird somit je nach dem Zustand des Heustocks beeinflusst, um zwar jede unnötige oder unwirtschaftliche Belüftung zu vermeiden, jedoch eine Gefährdung oder Schädigung durch Überhitzung des Heustocks zu vermeiden.

Eine weitere Massnahme zur Überwachung des Zustands des Heustocks und zur entsprechenden Beeinflussung des Belüftungsprogramms wird anhand der Fig. 5 erläutert. Die dargestellte Bandbreite des Feuchtegleichgewichtes des eingelagerten Heus ist durch die verschiedenen Futterarten bestimmt. In einem bestimmten Bereich, d.h. bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 16 bis 20% ist das Futter lagerungsfähig. Wenn also diese Werte erreicht werden, was anhand der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperaturdifferenz $T_e - T_a$ ermittelt werden kann, braucht nicht weiter belüftet zu werden, selbst wenn die Bedingungen im übrigen eine weitere Trocknung gestatten würden, d.h. wenn $T_e - T_a$ positiv ist.

Die folgende Bedingungstabelle zeigt ein Beispiel wie das Belüftungsprogramm in Abhängigkeit der wesentlichen ermittelten Parameter gestaltet werden kann. Im oberen Teil der Tabelle sind die Parameter bezeichnet und im zutreffenden Fall mit J (ja) und im nichtzutreffenden Fall mit N (nein) bezeichnet. Zur Ermittlung des Temperaturgradienten ΔT_a sei noch erwähnt, dass dieser Gradient nötigenfalls zu korrigieren ist durch einen eventuellen Temperaturanstieg oder einen Temperaturabfall der eintretenden Luft. Im unteren Teil der Tabelle ist die Betriebsart angegeben. Bei günstigen Bedingungen kann auf Dauerlauf geschaltet werden. Bei relativ günstigen Bedingungen erfolgt eine Probebelüftung (Impuls) während 10 Minuten. Bei eher ungünstigen Bedingungen, insbesondere bei hohem Temperaturgradienten, erfolgt Probebelüftung während je 40 Minuten. Die Pause oder das Intervall zwischen dem Ende einer Belüftung und der nächsten Probebelüftung kann je nach Bedingungen 1, 3 oder 6 Stunden betragen. Zu der mit 1) bezeichneten Kolonne ist angenommen, ΔT_a sei klein und das Heu schon weitgehend getrocknet, in welchem Fall man jedenfalls in bewohntem Gebiet nachts eine Pause von 6 Stunden vorsieht. Bei den mit 2) bezeichneten Bedingungen wird eine kürzere Pausenzeit angenommen, weil das Futter noch relativ feucht und nicht lagerfähig ist. Es können natürlich weitere Parameter zur Beeinflussung des Programms herangezogen werden. So kann beispielsweise ermittelt werden, wie gross die Differenz $T_e - T_a$ ist und wie günstig infolgedessen die Trocknungsbedingungen sind, in welchem Falle kürzere Intervalle oder Pausen gewählt werden könnten. Insbesondere kann auch die relative Luftfeuchtigkeit der eintretenden Luft zur Gestaltung des Programms herangezogen werden.

Wie bereits angedeutet, können mittels der Anzeige 9 bestimmte Parameter oder Betriebsbedingungen angezeigt werden. Mittels des Schalters 10 kann auf Handbetrieb umgeschaltet werden, wobei zum Beispiel mittels der Tasten 12 und 13 die Belüftung ein- und ausgeschaltet werden kann. Mittels des Einstellknopfes 11 kann die Gewichtung eines bestimmten Parameters eingestellt werden.

Es sind bestimmte Ausführungsvarianten des Belüftungsverfahrens, bzw. der Anlage möglich. Man kann beispielsweise auf die Erfassung der relativen Luftfeuchtigkeit der austretenden Luft verzichten. Den Entscheid darüber, ob Tag- oder Nachtbetrieb gelte, trifft entweder eine Schaltuhr oder ein Dämmerungsschalter. Es kann an der Steuerung 3 ein Wählschalter vorgesehen sein, welcher die Anzeige verschiedener Parameter oder Betriebszustände ermöglicht. Es könnte auch eine Heizung für die eintretende Luft vorgesehen sein, welche in Abhängigkeit der verschiedenen Parameter gesteuert wird.

BEDINGUNGSTABELLE

	Tag < T _e	J	J	J	J	J	J	J	J	N	N	N	N	N	N	N	N
5	Tag	J	J	J	N	N	N	N	J	J	J	J	J	N	N	N	N
	Δ T _a 0,3°C/min.	J	J	N	N	J	J	N	N	J	J	N	N	J	J	N	N
	φ e ≥ 75%	J	N	N	N	J	N	J	J	J	N	J	N	J	N	J	N
10	Dauerlauf	x	x	x	(x)	x	x	(x)	x	—	—	—	—	—	—	—	—
	Impuls 10 min.	—	—	—	x	—	—	x	—	—	—	x	x	—	—	x	x
	Impuls 40 min.	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x	—	—	x	x	—	—
15	Pause 1 h	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x	x	—	—	—	—	—
	Pause 3 h	—	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	x	x	—	—	—
	Pause 6 h	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x	x
20					1)			2)		3)	3)	4)		3)	4)		5)
	1) Δ T _a ist klein, Feuchtgleichgewicht mit tiefem φ e																
	2) Δ T klein, φ e höher, Pausezeit kürzen																
	3) Impuls wegen grossem Δ T _a länger (deutet auf Stockerwärmung hin)																
	4) Unterschiedliche Pause																
25	5) Könnte evtl. ganz abgestellt werden																

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trocknen von Heu durch Belüftung eines Heustocks, wobei anhand mindestens eines Parameters die Trocknungsbedingungen ermittelt und bei günstigen Bedingungen belüftet wird, dadurch gekennzeichnet, dass je nach den ermittelten Bedingungen das Programm zur Belüftung geändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wiederholt Probebelüftungen zur Ermittlung der Trocknungsbedingungen durchgeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitintervall von einer letzten Belüftung zur nächsten Probebelüftung, sowie die Dauer der Probebelüftung in Abhängigkeit von den Trocknungsbedingungen variiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auch der Zustand des Heustocks, insbesondere dessen Erwärmung erfasst wird, vorzugsweise indem man den Temperaturgradienten der zu Beginn der Probebelüftung über dem Heustock austretenden Luft erfasst.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass auch die relative Luftfeuchtigkeit ermittelt und berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass auch der Trocknungsgrad des Heus ermittelt wird, vorzugsweise indem die relative Luftfeuchtigkeit der in den Heustock eintretenden Luft ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass das Programm auch in Abhängigkeit von der Uhrzeit geändert wird.

7. Belüftungsanlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer automatischen Steuerung (3) und derselben zugeordneten Messfühlern (5–8), dadurch gekennzeichnet, dass das Programm der Steuerung (3) in Abhängigkeit von Messdaten änderbar ist.

8. Anlage nach Anspruch 7, die wiederholt auf Probebelüftung schaltbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitintervall zwischen einer letzten Belüftung und einer nächsten Probebelüftung, sowie die Dauer der Probebelüftung, änderbar ist.

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (3) durch Temperaturfühler (5, 7) am Eintritt und Austritt der Kühlluft, und/oder durch Hygrometer am Eintritt der Kühlluft und/oder durch eine Uhr oder einen Dämmerungsschalter beeinflussbar ist.

10. Anlage nach einem der Ansprüche 7–9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzeige (9) vorgesehen ist, die zum Beispiel die Temperaturdifferenz der Kühlluft zwischen Eintritt und Austritt, die Restfeuchtigkeit des Heus und den Betriebszustand anzuzeigen gestattet.

Fig. 1

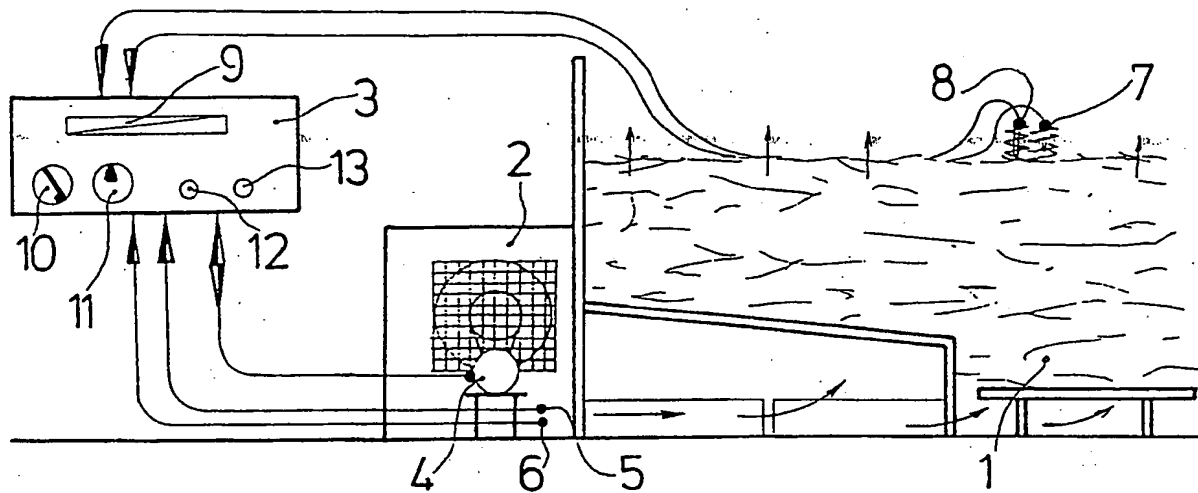


Fig. 2

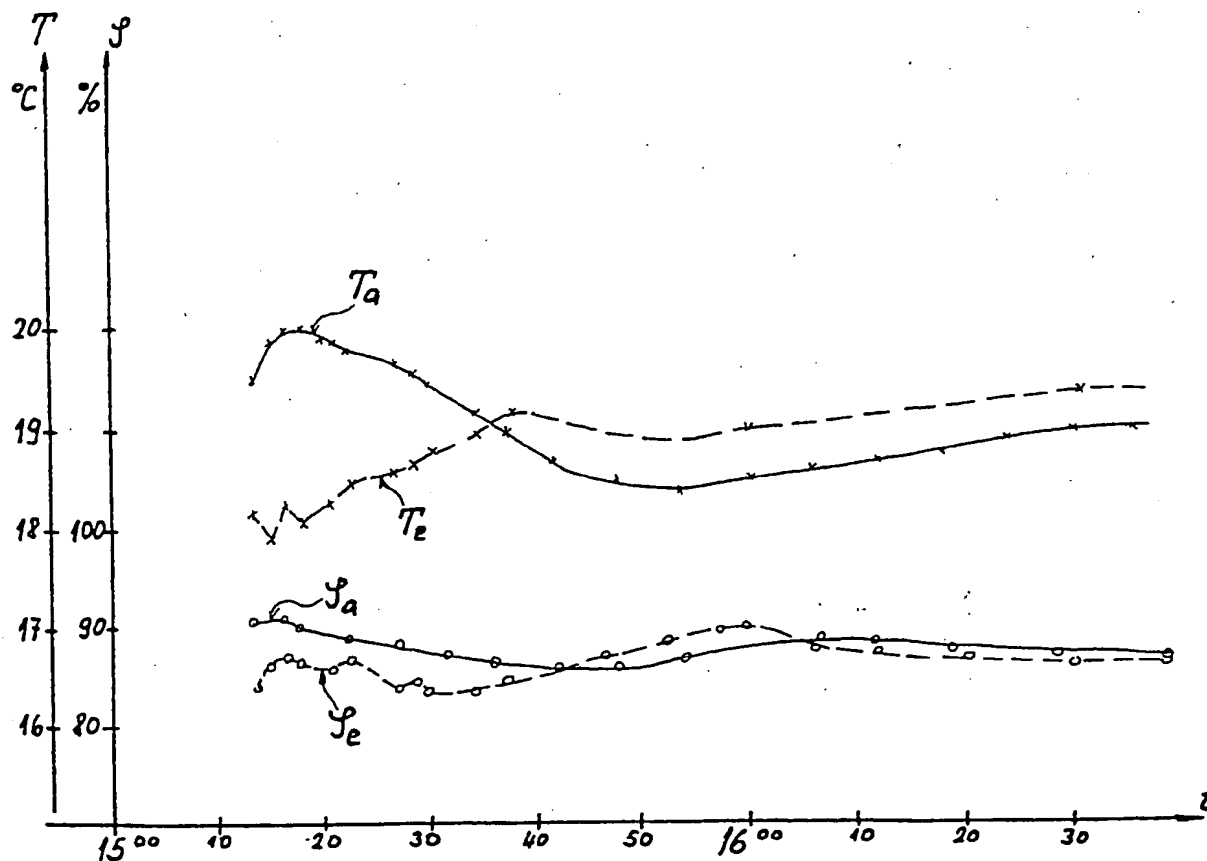


Fig. 3

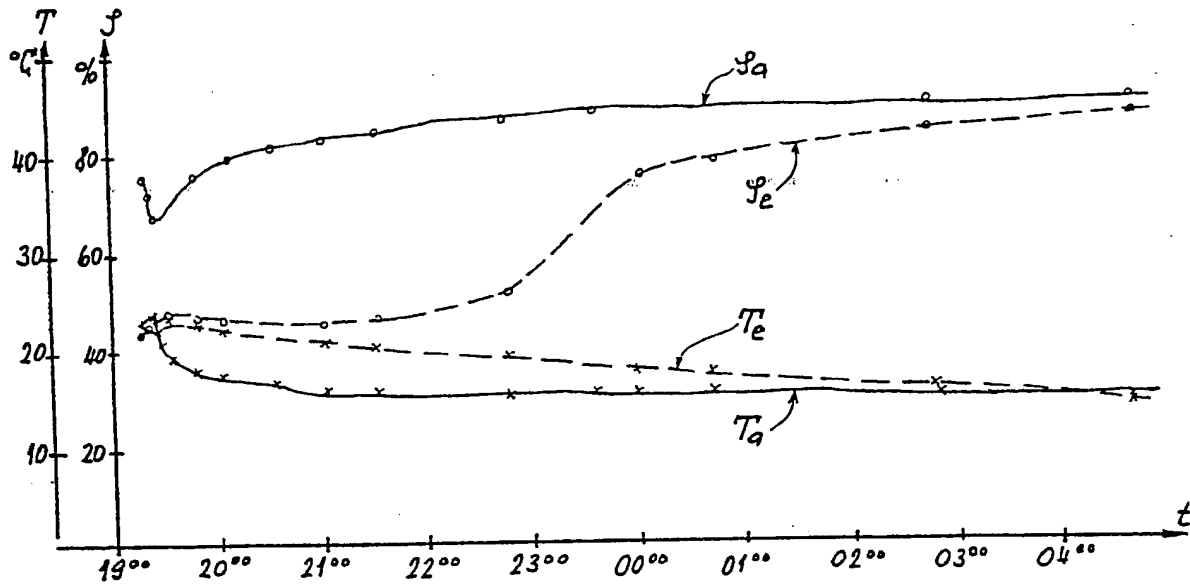


Fig. 4

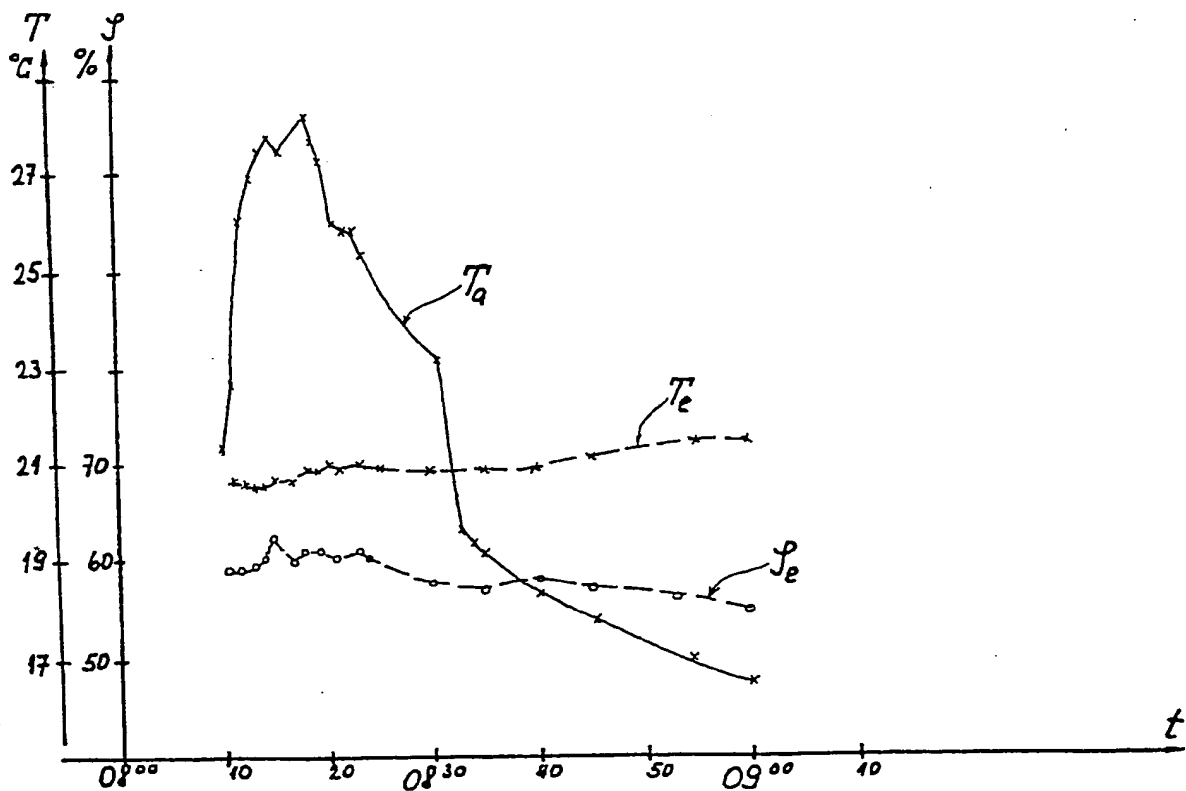
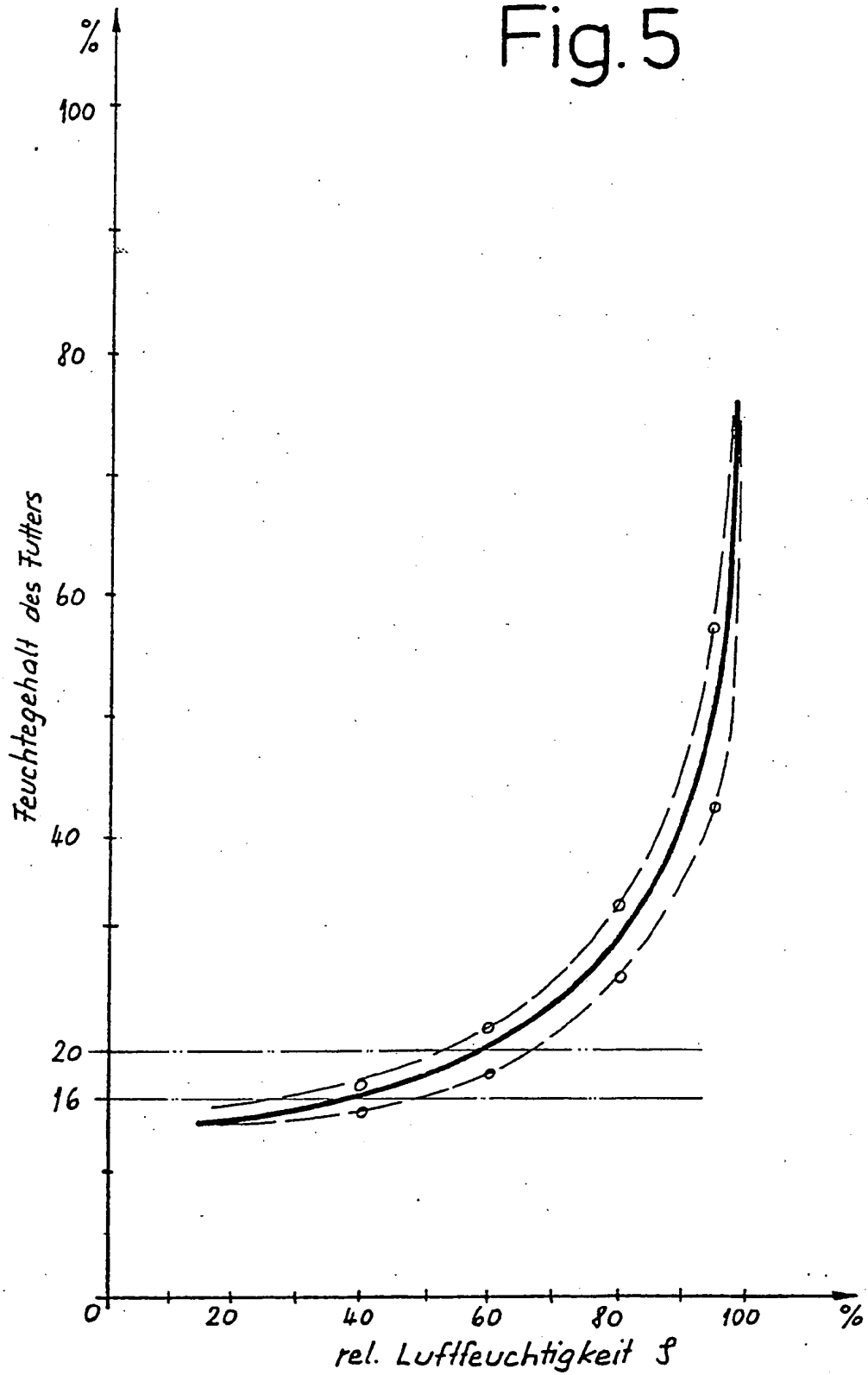


Fig. 5



...PAGE BLANK (USPTO)